

【書類名】 明細書

【発明の名称】 シート製造装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 所定の経路に沿って搬送されるキャリアフィルム上にシートとなるスラリー状原料を塗布する塗布部と、

前記キャリアフィルム上の前記スラリー状原料の塗布厚みを調節する厚み調節手段と、

前記キャリアフィルム上のスラリー状原料を乾燥させてシートとする乾燥部と

、前記キャリアフィルム上のスラリー状原料の厚みに關係する所定の特性を、前記乾燥部による乾燥の前にウェット状態で測定する特性測定部と、

前記キャリアフィルム上のスラリー状原料の前記特性の測定値、スラリー状原料の比重、およびスラリー状原料の乾燥により得られるシートの厚みの關係を示すデータを記憶する記憶部と、

前記記憶部の記憶データに基づいて、目標とするシート厚みと、前記特性測定部により測定されたスラリー状原料の前記特性の測定値と、スラリー状原料の比重とから、前記シート厚みの予想値を算出して、これをシート厚みの目標値と比較する演算部と、

前記演算部での比較結果に基づいて前記厚み調節手段に厚み調節の信号を出力する調節出力部と、

備えることを特徴とするシート製造装置。

【請求項 2】 請求項 1 に記載のシート製造装置において、

前記特性測定部は放射線厚み計で構成され、前記特性は、前記スラリー状原料に対して前記スラリー状原料の厚み方向に放射線を放射した際に検出される放射線減衰量であることを特徴とするシート製造装置。

【請求項 3】 請求項 1 または請求項 2 に記載のシート製造装置において、

前記厚み調節手段は、前記塗布部にスラリー状原料を送るスラリー吐出装置であることを特徴とするシート製造装置。

【請求項 4】 請求項 1 または請求項 2 に記載のシート製造装置において、

前記塗布部は、スラリーコータと、これにギャップ調節可能に対向配置されたバッキングロールとからなり、この塗布部が、前記厚み調節手段を兼ねていることを特徴とするシート製造装置。

【請求項 5】 請求項 1 に記載のシート製造装置において、

スラリー状原料の貯溜部もしくはその供給路に、スラリー状原料の比重測定器が設けられていることを特徴とするシート製造装置。

【請求項 6】 請求項 1 に記載のシート製造装置において、

キャリアフィルム上のスラリー状原料を乾燥させて得られるシートの厚みの予想値 t は、キャリアフィルム上の乾燥前のスラリー状原料の前記特性の測定値を、前記特性の測定値が同じとなる所定の物質の面積重量に換算した面積重量 W と、前記キャリアフィルム上のスラリー状原料と同様の方法で測定されたキャリアフィルム単独の前記特性の測定値を、前記特性の測定値が同じとなる前記物質の面積重量に換算した面積重量 c とから、換算係数 K_2 を含む下記の(1)式

$$t = (W - c) / K_2 \quad \dots \dots \dots (1)$$

により求められるものであり、

前記の換算係数 K_2 は、目標とするシートの厚み T に対応して決まる補正係数 h および補正基準値 k を含む下記の(2)式、

$$K_2 = (h \times G) + k \quad \dots \dots \dots (2)$$

と、スラリー状原料の比重 G とから算出されるものである、
ことを特徴とするシート製造装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、セラミックグリーンシートのようなシートの製造装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

従来より、積層セラミックコンデンサや、セラミック多層基板などを製造する際、セラミックグリーンシートが用いられる。このセラミックグリーンシートは、電子部品等の小型化に伴い、薄膜化することが望まれている。しかし、薄膜化したセラミックグリーンシートは、機械的強度が小さく、壊れやすいものであるため、可とう性のキャリアフィルムが用意され、このキャリアフィルム上にセラミックグリーンシートを成形することが行われている。この方法によれば、キャリアフィルムに裏打ちされた状態のセラミックグリーンシートが得られる。

【0003】

キャリアフィルムを用いる従来のセラミックグリーンシートの製造装置は、少なくとも、キャリアフィルムの搬送手段と、このキャリアフィルム上にセラミックスラリーを塗布する塗布手段と、キャリアフィルム上のセラミックスラリーを乾燥させてシートとする乾燥炉のような乾燥手段とを有している（特許文献1参照）。

【0004】

【特許文献1】

特開平11-77627号公報（全文、全図）

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

上記のセラミックグリーンシート製造装置において、グリーンシートの厚みを制御する場合、乾燥した後のシートの厚みを測定し、その厚みの測定結果をセラミックスラリーの塗布手段の側にフィードバックして、キャリアフィルム上へのセラミックスラリーの塗布厚みを調節するのが、一般的である。しかしながら、この方法では、フィードバックが遅れ、厚み制御の効率が悪い。

【0006】

一方、特殊な光学系の測定装置を用いて、キャリアフィルム上のセラミックスラリーの塗布厚みを、乾燥前にウエット状態で測定することが考えられているが、この方法の場合、塗布厚みが測定された時点でのセラミックスラリーの塗布層が、乾燥後にどの程度の厚みのシートになるか、正確に予測する必要があり、この予測が不正確であると、厚み制御も不正確になる。

【0007】

本発明は、キャリアフィルムを用いるシートの製造装置において、シートの厚み制御が効率よく、正確に行えるようにすることを課題とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】

本件発明者は、上記課題を解決するため、種々の実験を行った結果、スラリー状原料の比重の変動に着目することにより、乾燥後のシートの厚みをほぼ正確に予測し得るという事実を見出し、その知見に基づいて以下の発明を創案するに至った。

【0009】

すなわち、本発明は、所定の経路に沿って搬送されるキャリアフィルム上にシートとなるスラリー状原料を塗布する塗布部と、前記キャリアフィルム上の前記スラリー状原料の塗布厚みを調節する厚み調節手段と、前記キャリアフィルム上のスラリー状原料を乾燥させてシートとする乾燥部と、前記キャリアフィルム上のスラリー状原料の厚みに関する所定の特性を、前記乾燥部による乾燥の前にウエット状態で測定する特性測定部と、前記キャリアフィルム上のスラリー状原料の前記特性の測定値、スラリー状原料の比重、およびスラリー状原料の乾燥により得られるシートの厚みの関係を示すデータを記憶する記憶部と、前記記憶部の記憶データに基づいて、目標とするシート厚みと、前記特性測定部により測定されたスラリー状原料の前記特性の測定値と、スラリー状原料の比重とから、前記シート厚みの予想値を算出して、これをシート厚みの目標値と比較する演算部と、前記演算部での比較結果に基づいて前記厚み調節手段に厚み調節の信号を出

力する調節出力部とを備えて、シート製造装置を構成したものである。

【0010】

ここで、厚みに関係する所定の特性とは、例えば放射線厚み計を特性測定部とした場合、放射線減衰量として得られ、例えばレーザー厚み計を特性測定部とした場合、レーザー光の反射強度として得られるのであって、スラリー状原料をシートにしたときの厚みの変化に応じて変化する特性を意味する。

【0011】

上記のシート製造装置において、目標とするシートの厚み、スラリー状原料の比重の測定値、スラリー状原料の厚みに関係する所定の特性の測定値が入力されると、あらかじめ記憶部に記憶されていたデータに基づいて、スラリー状原料から得られるシートの厚み（シート厚みの予想値）が算出される。次に、演算部において、シート厚みの予想値とシート厚みの目標値とが比較され、シート厚みの予想値がシート厚みの目標値に近づくように、厚み調整手段にフィードバックがかかり、キャリアフィルム上に塗布されるスラリー状原料の塗布厚みが適正な厚みに調整される。

【0012】

この場合、シート厚みの予想値の基になる、キャリアフィルム上のスラリー状原料の厚みに関係する所定の特性は、スラリー状原料が乾燥される前に測定されるから、フィードバックに時間の遅れが少なく、それだけ厚み制御が効率よく行われる。

【0013】

しかも、シート厚みの予想値の算出には、乾燥により得られるシートの厚みに影響を与えると思われる要素がすべて考慮されるから、シート厚みの予想値は、実際に乾燥により得られるシート厚みに極めて近く、このシート厚みの予想値により正確な厚み制御ができる。

【0014】

【発明の実施の形態】

図1ないし図5は、本発明の一実施形態を示すもので、図1は、一実施形態に係るセラミックグリーンシートの製造装置の構成図、図2は、図1の装置の一部である制御部の機能を示す機能ブロック図である。図3ないし図5は、いずれも原料であるセラミックスラリーの比重と、グリーンシートの厚みの算出に必要な換算係数との関係を示す図で、図3は、種々の厚みのグリーンシートを作る場合の関係を、図4は、特定の厚みのグリーンシートを作る場合の関係を、図5は、他の特定の厚みのグリーンシートを作る場合の関係を、それぞれ示している。

【0015】

図1において、この実施形態のセラミックグリーンシートの製造装置1は、セラミックスラリーSを貯溜するスラリータンク2と、スラリータンク2からのセラミックスラリーSをキャリアフィルム3上に塗布する塗布部4と、キャリアフィルム3上に塗布されたセラミックスラリーSの厚みに関係する所定の特性の一例として面積重量を測定する特性測定部としての面積重量測定部5と、キャリアフィルム3上のセラミックスラリーSを乾燥させてシートとする乾燥炉6と、制御部7とを備えている。

【0016】

スラリータンク2に貯溜されるセラミックスラリーSは、所要の組成に調整されたセラミック原料粉末と、バインダ溶液とを混合したものである。

【0017】

スラリータンク2から塗布部4に至るスラリー供給路8の中途部には、スラリーを設定された量だけ送り出すスラリー吐出装置9が設けられており、具体的にはスラリーポンプで構成される。この実施形態では、スラリー吐出装置9は、制御部7からの厚み調節信号に応答して、塗布部4へのスラリーの供給量を増減変更するようになっており、特許請求の範囲にいう「厚み調節手段」である。

【0018】

スラリー供給路8の中途部には、また、セラミックスラリーの比重を測定する比重測定器10が設けられている。この比重測定器10で測定されたセラミック

スラリーの比重のデータは、制御部7に入力される。

【0019】

塗布部4は、スラリーコータ4aと、これにギャップ調節可能に対向配置されたバッキングロール4bとを備えており、両者間のギャップは、手動操作によつても調節されるが、図示のものでは、アクチュエータ4cの駆動により、両者間のギャップが機械的に調整されるようになっている。

【0020】

キャリアフィルム3は、供給ロール11から引き出され、巻き取りロール12に巻き取られる。この間、キャリアフィルム3は、スラリーコータ4aとバッキングロール4bとの間のギャップを通過し、その一面にセラミックスラリーSが塗布され、その状態でバッキングロール4bの外周面から面積重量測定部5の内部へ、次いで乾燥炉6の内部へと所定の搬送経路に沿つて搬送される。

【0021】

面積重量測定部5は、上側ヘッド5aと下側ヘッド5bとにより非接触で、キャリアフィルム3上に塗布されたセラミックスラリーSの面積重量を、キャリアフィルム3の面積重量ともども測定するものである。この面積重量測定部5は、本実施形態では、放射線厚み計で構成されており、より具体的には、横河電機株式会社製のWG21形厚さ計（商品名『WEBFREX』）が使用されている。

【0022】

ここで、面積重量は、塗布されたセラミックスラリーSの厚みに関係する所定の特性の測定値を、この特性の測定値が同じとなる所定の物質の面積重量に換算して得ている。実際には、放射線減衰量に対応する電流値を測定し、その電流値をアルミ箔の面積重量にて換算する。

【0023】

その換算の方法は、予めいろいろな厚みのアルミ箔について放射線減衰量と面積重量とを測定し、その放射線減衰量と面積重量との関係を示す検量線を作成しておき、その検量線に基づいて、測定されたスラリー状原料の放射線減衰量を面積重量に変換する手順で求めることになる。

【0024】

放射線厚み計は、X線もしくはβ線のような放射線を被測定物に照射し、放射線が被測定物を透過するときの減衰量から被測定物の厚みを求めるものである。被測定物を構成する主要元素が比較的軽い元素である場合や、被測定物の面積重量が少ない（500g/m²以下の）場合、X線が使用され、被測定物の主要元素が比較的重い元素である場合や、被測定物の面積重量が大きい（500g/m²超で、2000g/m²以下の）場合、β線が使用される。

【0025】

この放射線厚み計は、被測定物の一定範囲をスキャンするところから、直接的には被測定物の面積重量を検出している。本実施形態では、放射線厚み計が直接的に検出する被測定物の面積重量を、面積重量測定部5の測定出力としている。

【0026】

制御部7は、例えばマイクロコンピュータで構成されており、その記憶部であるメモリ13には、キャリアフィルム3上のセラミックスラリーSのウェット状態での面積重量と、セラミックスラリーの比重と、セラミックスラリーの乾燥により得られるセラミックグリーンシートの厚みとの関係を示すデータや、面積重量測定部5で得られた測定値をそのセラミックグリーンシートの面積重量に換算する前記検量線に関するデータなどが記憶されている。これらのデータは、本件発明者が行った種々の実験から得たもので、これには単なる数値データばかりでなく、種類の異なるデータの間の関係式、関連表等が含まれる。

【0027】

制御部7は、本実施形態では、所要のデータ、すなわち、目標とするセラミックグリーンシートの厚み（シート厚みの目標値）のデータと、キャリアフィルム3上のセラミックスラリーの面積重量のデータと、セラミックスラリーの比重のデータとを取り込み、これらのデータに基づいて、セラミックグリーンシートの厚みを制御するものである。機能的に見ると、前記各種のデータからグリーンシ

トの厚みの予想値を算出して、これを目標値と比較する演算部7aと、この演算部7aでの比較結果に基づいて、厚み調節手段であるスラリー吐出装置9に厚み調節の信号を出力する調節出力部7bとを有する。

【0028】

上記制御部7におけるデータの処理の仕方、特に、グリーンシートの厚みの予想値を算出する仕方は、本件発明者が種々の実験を行った結果、得られた仕方である。

【0029】

本件発明者は、キャリアフィルム3上のセラミックスラリーSの面積重量に、適当な換算係数を乗除すれば、セラミックスラリーを乾燥させて得られるセラミックグリーンシートの厚みを算出できるものと考え、製造条件を種々変えて、換算係数を求める実験を行った。

【0030】

なお、キャリアフィルム3上のセラミックスラリーSの面積重量Wから、換算係数K2を用いて、セラミックグリーンシートの厚みtを求める式は、

$$t = (W - c) / K2 \quad \dots \dots \dots (1)$$

となる。上記(1)式において、cは、キャリアフィルム3の面積重量である。

【0031】

換算係数K2を求める実験により、図3に示すような結果が得られた。発明者は、この結果から、セラミックグリーンシートの厚みtと、セラミックスラリーの比重Gと、換算係数K2との間にいくつかの法則性があることを見出した。すなわち、

(イ) 厚いセラミックグリーンシートを作る場合と、薄いセラミックグリーンシートを作る場合とでは、換算係数K2が大幅に異なり、厚いセラミックグリーンシートを作る場合には、換算係数K2が比較的に小さく、薄いセラミックグリーンシートの場合は、換算係数K2が大きくなる。

【0032】

(ロ) 同じ厚さのセラミックグリーンシートを作る場合でも、セラミックスラリーの比重Gが大きいほど、換算係数K2が小さくなる。

【0033】

そこで、本件発明者は、作るべきセラミックグリーンシートの厚みを一定にして、セラミックスラリーの比重Gと換算係数K2との関係をさらに詳しく調べた。その結果の一部を図4および図5に示す。

【0034】

図4は、厚み100μmのセラミックグリーンシートを作る場合の、セラミックスラリーの比重Gと換算係数K2との関係を示している。また、図5は、厚み200μmのセラミックグリーンシートを作る場合の、セラミックスラリーの比重Gと換算係数K2との関係を示している。これらの図において、角型の点もしくは白抜きの丸が、測定点であり、これらの測定点の存在域を横切る直線が、測定点から求められる一次式を示す直線である。

【0035】

図4および図5に示される結果から、換算係数K2は、セラミックスラリーの比重Gを独立変数とする一次式で表すことができ、しかも、その一次式の係数等は、目標とするセラミックグリーンシートの厚みTに対応して決まるものであることが分かる。

【0036】

図4および図5に示される結果を一般化すれば、換算係数K2は、セラミックスラリーの比重Gを独立変数とする一次式であって、目標とするセラミックグリーンシートの厚みTに対応して決まる補正係数hおよび補正基準値kを含む下記の(2)式、

$$K2 = (h \times G) + k \quad \dots \dots \dots (2)$$

で算出されることが分かる。

【0037】

以上の実験の結果からも分かるように、目標とするグリーンシートの厚みTと

、セラミックスラリーの比重Gとから、(2)式により換算係数K2が算出される。この換算係数K2を用いれば、キャリアフィルム上のセラミックスラリーの面積重量Wから、(1)式によりグリーンシートの厚みtを求めることができる。

【0038】

上記の構成において、スラリータンク2に貯溜されているセラミックスラリーSは、スラリー供給路8上にあるスラリー吐出装置9により、スラリーコータ4aに供給される。スラリーコータ4aの開口部とバッキングロール4bとの間にキャリアフィルム3が搬送されているから、キャリアフィルム3の一面には、セラミックスラリーSが塗布される。

【0039】

キャリアフィルム3上のセラミックスラリーSは、乾燥炉6で乾燥されことで、キャリアフィルム3に裏打ちされた状態のセラミックグリーンシートとなるが、本発明では、キャリアフィルム3上のセラミックスラリーSは、その面積重量が、乾燥炉6の手前にある面積重量測定部5により、ウェット状態で測定される。その測定値のデータは制御部7に入力する。

【0040】

制御部7には、キャリアフィルム3上のセラミックスラリーSの面積重量のデータのほかに、比重測定器10からはセラミックスラリーの比重Gのデータが入力しており、また、目標とするグリーンシートの厚みTのデータが予め入力されている。

【0041】

制御部7は、そのメモリ13から、目標とするグリーンシートの厚みTに対応して決まる補正係数hおよび補正基準値kを含む(2)式を呼び出し、その(2)式にセラミックスラリーの比重の値Gを代入して、換算係数K2を算出し、この換算係数K2と、キャリアフィルム3上のセラミックスラリーの面積重量のデータとから、(1)式により、グリーンシートの厚み(予想値)tを算出する。

【0042】

グリーンシートの厚み(予想値)tを算出するまでのパラメータを表に列挙すると、表1の通りである。

【0043】

【表1】

T	t	W	c	K2
ねらい厚み (μm)	シート厚み (μm)	WET測定データ (g/m^2)	キャリアフィルム厚み (g/m^2)	換算係数 ($\text{g}/\text{m}^2/\mu\text{m}$)
100	100	758.0	50.0	7.08
	105	793.4	50.0	7.08
	100	772.0	50.0	7.22
	105	808.1	50.0	7.22
200	200	1326.0	50.0	6.38
	205	1357.9	50.0	6.38
	200	1346.0	50.0	6.48
	205	1378.4	50.0	6.48

T	t	K2	h	G	K
ねらい厚み (μm)	シート厚み (μm)	換算係数 ($\text{g}/\text{m}^2/\mu\text{m}^2$)	補正係数	スラリー比重データ	補正基準値
100	100	7.08	-0.7733	3.18	9.5402
	105	7.08	-0.7733	3.18	9.5402
	100	7.22	-0.7733	3.00	9.5402
	105	7.22	-0.7733	3.00	9.5402
200	200	6.38	-0.5273	3.18	8.0639
	205	6.38	-0.5273	3.18	8.0639
	200	6.48	-0.5273	3.00	8.0639
	205	6.48	-0.5273	3.00	8.0639

次いで、グリーンシートの厚みの目標値Tと、予想値tとを比較し、その比較結果に基づいて、スラリー吐出装置9でのセラミックスラリーの吐出量を増減させる。スラリー吐出装置9がスラリーポンプである場合、シート厚みの目標値Tと予想値tとの比(T/t)を、スラリーポンプの現在の回転数R1に乗算して、新たな回転数R2を求める。スラリーポンプの回転数等の変化で、セラミックスラリーの吐出量が増減することで、セラミックグリーンシートの厚みが所要の厚みに制御される。

【0044】

この場合、シート厚みの予想値tの基になる、キャリアフィルム3上のセラミックスラリーの重量は、スラリーが乾燥される前に測定されるから、スラリーが乾燥してグリーンシートになってから厚みを測定している場合に比べ、フィードバックに時間の遅れが少なく、それだけ厚み制御が効率よく行われる。

【0045】

また、厚み制御の基になるデータを取る個所(面積重量測定部5)と、そのデータがフィードバックされる個所(塗布部4)とが、比較的近い位置にあるから、その間にあって、厚み制御されないまま無駄になる材料を少なくすることができる。

【0046】

しかも、シート厚みの予想値tの算出には、シートの厚みに影響を与えると思われる要素がすべて考慮されるから、シート厚みの予想値は、実際に乾燥により得られるシートの厚みに極めて近く、このシート厚みの予想値により正確な厚み制御ができる。

【他の実施形態】

上記の実施形態では、(2)式とセラミックスラリーの比重Gとで、演算により換算係数K2を求めるかが、目標とするグリーンシートの厚さ毎に、表2に示すような、セラミックスラリーの比重Gと、換算係数K2の対照表を作つておいて

、この表の対照により、換算係数K2を求めるようにしてもよい。

【0047】

【表2】

換算係数決定表 ($t=100 \mu\text{m}$)

G	K2
スラリー比重	換算係数
3. 255~3. 278	7
3. 232~3. 254	7.02
3. 209~3. 231	7.04
3. 186~3. 208	7.06
3. 163~3. 185	7.08
3. 140~3. 162	7.1
3. 116~3. 139	7.12
3. 093~3. 115	7.14
3. 070~3. 092	7.16
3. 047~3. 069	7.18
3. 024~3. 046	7.2
3. 001~3. 023	7.22
2. 978~3. 000	7.24

セラミックスラリーの比重は、スラリー供給路8に設けられている比重測定器10により、リアルタイムで測定し、その測定データを制御部7に入力するほか、セラミックスラリーの比重は大きく変動するものではないので、新しくセラミックスラリーが投入される際、別の測定手段で比重を測定し、そのデータを制御部7に予め入力するようにしてもよい。

【0048】

上記実施形態では、スラリー吐出装置9が厚み調節手段であるが、制御部7からの指令でキャリアフィルム3上のセラミックスラリーの塗布量を増減変化させることができるものであればよく、塗布装置4がアクチュエータ4cの駆動で、キャリアフィルム3上のセラミックスラリーの塗布量を変化させるものである場合は、この塗布部4を厚み調節手段とことができる。

【0049】

【発明の効果】

本発明は、キャリアフィルム上のスラリー状原料の厚みに関係する所定の特性やスラリー状原料の比重から、シートの厚みの予想値を算出し、その予想値に基づいてキャリアフィルム上のスラリー状原料の塗布量を増減変化させて、シートの厚みを制御するもので、スラリー状原料が乾燥されてシートになる前に、その面積重量を測定してフィードバックさせるから、フィードバックに時間の遅れが少なく、それだけ厚み制御が効率よく行われる。

【0050】

しかも、シート厚みの予想値の算出には、シートの厚みに影響を与えると思われる要素がすべて考慮されるから、シート厚みの予想値は、実際に乾燥により得られるシートの厚みに極めて近く、このシート厚みの予想値により正確な厚み制御ができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態に係るセラミックグリーンシートの製造装置の構成図。

【図2】図1の装置の一部である制御部の機能を示す機能ブロック図。

【図3】グリーンシートの原料であるセラミックスラリーの比重と、グリーン

シートの厚みの算出に必要な換算係数との関係を示す図で、種々の厚みのグリーンシートを作る場合の関係を示している。

【図4】セラミックスラリーの比重と換算係数との関係を示す図で、特定の厚みのグリーンシートを作る場合の関係を示している。

【図5】セラミックスラリーの比重と換算係数との関係を示す図で、他の特定の厚みのグリーンシートを作る場合の関係を示している。

【符号の説明】

- 3 キアリアフィルム
- 4 塗布部
- 5 面積重量測定部（特性測定部）
- 6 乾燥炉
- 7 制御部（7 a 演算部、7 b 調節出力部）
- 9 スラリー吐出装置（厚み調節手段）
- 13 メモリ

【書類名】 図面

【図1】